TP3 : Les filtres électriques d'ordre 1
Et charge et décharge d'un condensateur

- **Objectif :**

Un filtre électrique est un circuit électrique recevant une tension d'entrée $U_e(t)$ et produisant une tension de sortie $U_S(t)$. Il permet de sélectionner les fréquences des signaux que l'on souhaite les transmettre d'une excitation. Ils jouent un rôle important dans le traitement du signal en télécommunications. L'objectif de cette manipulation est l'étude des caractéristiques des filtres électriques d'ordre 1 constitués par un condensateur C et une résistance R (RC) ou par une inductance L et une résistance R (RL).

Détermination des constantes du temps de charge et décharge d'un condensateur.

➢ Manipulation

Dans cette manip 3 filtres électriques seront étudiées deux avec R et C et l'autre avec R et L.

a) Filtre 1 :

Le filtre 1 est un circuit RC est constitué d'un condensateur C=0.5uf et une résistance R= 500 en série figure 4. La tension de sortie est la tension entre les bornes du condensateur.

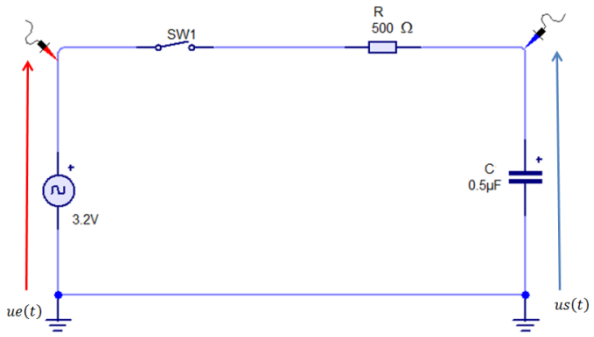


Figure 1 : filtre 1

1. **On montre que le module de la fonction de transfert du filtre 1 est donné par :**

$$H(f)=\frac{1}{\sqrt{1+4\pi^2(CRf)^2}}$$

On a

$$H(f)=\frac{U_s}{U_e}$$

D'après le théoréme de division de tension :

$$Us=Ue\times\frac{Zc}{Zc+Zr}$$

Avec $Zc=\frac{1}{jc\omega}$ et $Zr=R$

Donc

$$H(f)=\frac{Zc}{Zc+Zr}=\frac{\frac{1}{jc\omega}}{\frac{1}{jc\omega}+R}=\frac{1}{1+jRc\omega}$$

- La norme de H(f) est donné par :

$$|H(f)| = \frac{1}{\sqrt{1+(Rc\omega)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+4\pi^2(Rcf)^2}}$$

Avec $\omega = 2\pi f$

2. On montre que la fréquencede coupure est $f_c = \frac{1}{2\pi Rc}$ avec Hmax=1

La fréquence f_c est la fréquence dont laquelle le module de la fonction de transfert H(f) est Hmax / $\sqrt{2}$

Donc :

$$|\boldsymbol{H(f)}| = \frac{\mathbf{1}}{\sqrt{\mathbf{1}+(\boldsymbol{RC\omega})^2}} = \frac{\mathbf{1}}{\sqrt{\mathbf{1}+\mathbf{4\pi^2}(\boldsymbol{RCf_c})^2}}$$

$$\frac{\boldsymbol{Hmax}}{\sqrt{\mathbf{2}}} = \frac{\mathbf{1}}{\sqrt{\mathbf{1}+\mathbf{4\pi^2}(\boldsymbol{RCf})^2}}$$

$$\Rightarrow \sqrt{\mathbf{2}} = \sqrt{\mathbf{1}+\mathbf{4\pi^2}(\boldsymbol{RCf_c})^2}$$

$$\Rightarrow \mathbf{1} = \mathbf{4\pi^2}(\boldsymbol{RCf_c})^2$$

$$\boldsymbol{f_c} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2\pi RC}}$$

3. Remplir le tableau suivant :

Fréquence f	Pulsation ω	Résistance R	Capacité C	Tension Ue_{max}	Tension Us_{max}	H(f) pratiques	H(f) Théoriques
0,1	628	500	0,0000005	3,2	3,15	0,984375	0,98789876
0,2	1256	500	0,0000005	3,2	3	0,9375	0,95407165
0,3	1884	500	0,0000005	3,2	2,9	0,90625	0,90467513
0,4	2512	500	0,0000005	3,2	2,7	0,84375	0,84685451
0,5	3140	500	0,0000005	3,2	2,5	0,78125	0,78659121
0,6	3768	500	0,0000005	3,2	2,3	0,71875	0,72790075
0,7	4396	500	0,0000005	3,2	2,2	0,6875	0,67300771
0,8	5024	500	0,0000005	3,2	2	0,625	0,62287031
0,9	5652	500	0,0000005	3,2	1,9	0,59375	0,5776807
1	6280	500	0,0000005	3,2	1,7	0,53125	0,53722306
1,1	6908	500	0,0000005	3,2	1,6	0,5	0,50109553

1,2	7536	500	0,0000005	3,2	1,5	0,46875	0,46883526
1,3	8164	500	0,0000005	3,2	1,4	0,4375	0,43998332
1,4	8792	500	0,0000005	3,2	1,3	0,40625	0,41411492
1,5	9420	500	0,0000005	3,2	1,25	0,390625	0,39085095
1,6	10048	500	0,0000005	3,2	1,2	0,375	0,36985972
1,7	10676	500	0,0000005	3,2	1,15	0,359375	0,35085428
1,8	11304	500	0,0000005	3,2	1,1	0,34375	0,33358777
1,9	11932	500	0,0000005	3,2	1,05	0,328125	0,31784833
2	12560	500	0,0000005	3,2	1	0,3125	0,30345415
2,1	13188	500	0,0000005	3,2	0,95	0,296875	0,29024906
2,2	13816	500	0,0000005	3,2	0,9	0,28125	0,27809859
2,3	14444	500	0,0000005	3,2	0,85	0,265625	0,26688671
2,4	15072	500	0,0000005	3,2	0,825	0,2578125	0,25651295
2,5	15700	500	0,0000005	3,2	0,8	0,25	0,24689006
2,6	16328	500	0,0000005	3,2	0,75	0,234375	0,23794203
2,7	16956	500	0,0000005	3,2	0,7	0,21875	0,22960239
2,8	17584	500	0,0000005	3,2	0,65	0,203125	0,22181284
2,9	18212	500	0,0000005	3,2	0,625	0,1953125	0,2145221
3	18840	500	0,0000005	3,2	0,6	0,1875	0,20768488

4. Traçage de la fonction de transfert $H(f)$ théorique et expérimental en fonction de f.

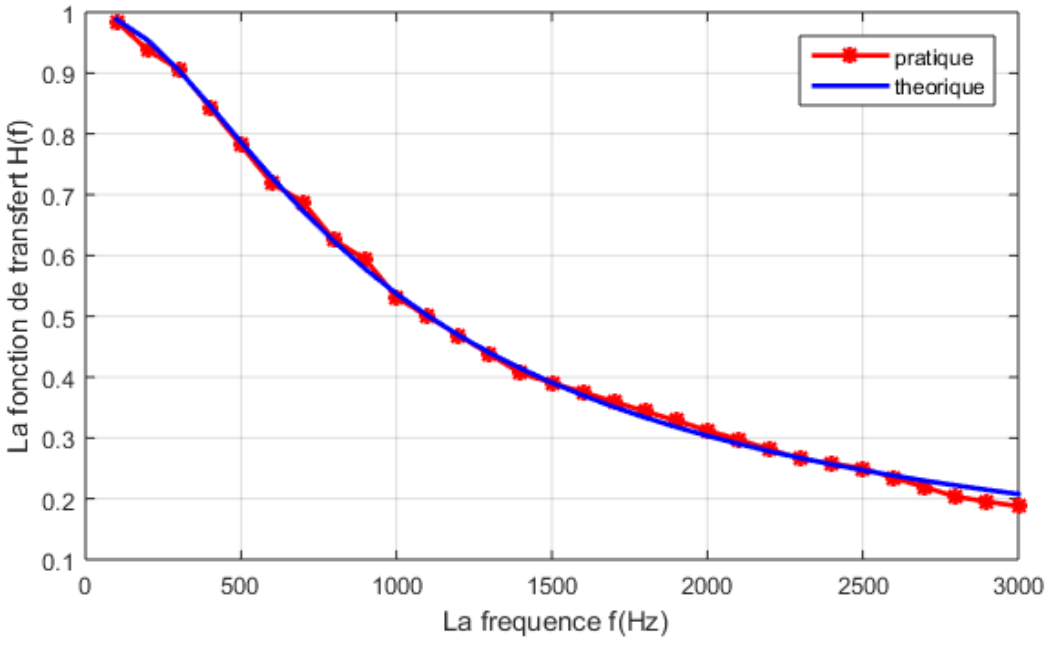


Figure 2 : Fonction de transfert de filtre 1 en fonction de la fréqence f

5. Le type de filtre 1 est passe- bas

b) Filtre 2 :

Le filtre 2 est un circuit Rc est constitué d'un condensateur c=0.5uf et une résistance R= 500 en série figure 5. La tension de sortie est la tension entre les bornes du condensateur.

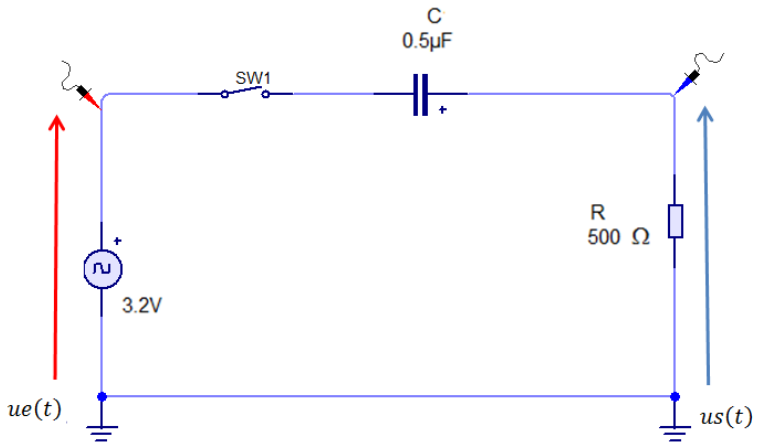


Figure 2 : Filtre 3

1. **On montrons que le module de la fonction de transfert du filtre 2 est :** $\boldsymbol{H(f) = \frac{2\pi CRf}{\sqrt{1+4\pi^2(CRf)^2}}}$

D'après le théoréme de division de tension :

$$Us = Ue \times \frac{Zr}{Zc + Zr}$$

avec $Zr = R$ et $Zc = \frac{1}{jC\omega}$

Donc

$$Us = Ue \times \frac{R}{R + \frac{1}{jC\omega}} = Ue \times \frac{jRC\omega}{jRC\omega + 1}$$

Et on a $H(f) = \frac{Us}{Ue}$ et $\omega = 2\pi f$

Donc le module de H(f) est donné par :

$$\boldsymbol{H(f) = \frac{2\pi CRf}{\sqrt{1 + 4\pi^2(CRf)^2}}}$$

2. On montre que la fréquence de coupure est $\boldsymbol{f_c = \frac{1}{2\pi Rc}}$ avec Hmax=1

La fréquence f_c est la fréquence dont laquelle le module de La fonction de transfert H(f) est Hmax / $\sqrt{2}$

Donc :

$$\frac{Hmax}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi CRf}{\sqrt{1+4\pi^2(CRf_c)^2}}$$

Alors

$$2 \times 4\pi^2(RCf)^2 = 1 + 4\pi^2(RCf_c)^2$$

$$\Rightarrow 2 = \frac{1}{4\pi^2(RCf_c)^2} + 1$$

$$\Rightarrow 4\pi^2(RCf_c)^2 = 1$$

$$\Rightarrow {f_c}^2 = \frac{1}{4\pi^2(RC)^2}$$

Donc

$$f_c = \frac{1}{2\pi Rc}$$

2. Remplir le tableau suivant :

Fréquence f	Pulsation ω	Résistance R	Capacité C	Tension Ue_{max}	Tension Us_{max}	H(f) pratiques	H(f) Théoriques
0,1	628	500	5E-07	3,2	0,5	0,15625	0,1551
0,2	1256	500	5E-07	3,2	1	0,3125	0,29958
0,3	1884	500	5E-07	3,2	1,4	0,4375	0,4261
0,4	2512	500	5E-07	3,2	1,7	0,53125	0,53182
0,5	3140	500	5E-07	3,2	2	0,625	0,61747
0,6	3768	500	5E-07	3,2	2,2	0,6875	0,68568
0,7	4396	500	5E-07	3,2	2,4	0,75	0,73964
0,8	5024	500	5E-07	3,2	2,5	0,78125	0,78233
0,9	5652	500	5E-07	3,2	2,6	0,8125	0,81626
1	6280	500	5E-07	3,2	2,7	0,84375	0,84344
1,1	6908	500	5E-07	3,2	2,8	0,875	0,86539

1,2	7536	500	5E-07	3,2	2,85	0,89063	0,88329
1,3	8164	500	5E-07	3,2	2,9	0,90625	0,89801
1,4	8792	500	5E-07	3,2	2,9	0,90625	0,91022
1,5	9420	500	5E-07	3,2	2,95	0,92188	0,92045
1,6	10048	500	5E-07	3,2	3	0,9375	0,92909
1,7	10676	500	5E-07	3,2	3	0,9375	0,93643
1,8	11304	500	5E-07	3,2	3	0,9375	0,94272
1,9	11932	500	5E-07	3,2	3,05	0,95313	0,94814
2	12560	500	5E-07	3,2	3,05	0,95313	0,95285
2,1	13188	500	5E-07	3,2	3,1	0,96875	0,95695
2,2	13816	500	5E-07	3,2	3,1	0,96875	0,96055
2,3	14444	500	5E-07	3,2	3,1	0,96875	0,96373
2,4	15072	500	5E-07	3,2	3,1	0,96875	0,96654
2,5	15700	500	5E-07	3,2	3,1	0,96875	0,96904
2,6	16328	500	5E-07	3,2	3,1	0,96875	0,97128
2,7	16956	500	5E-07	3,2	3,15	0,98438	0,97328
2,8	17584	500	5E-07	3,2	3,15	0,98438	0,97509
2,9	18212	500	5E-07	3,2	3,15	0,98438	0,97672
3	18840	500	5E-07	3,2	3,15	0,98438	0,9782

Traçage de la fonction de transfert $H(f)$ théorique et expérimental en fonction de f.

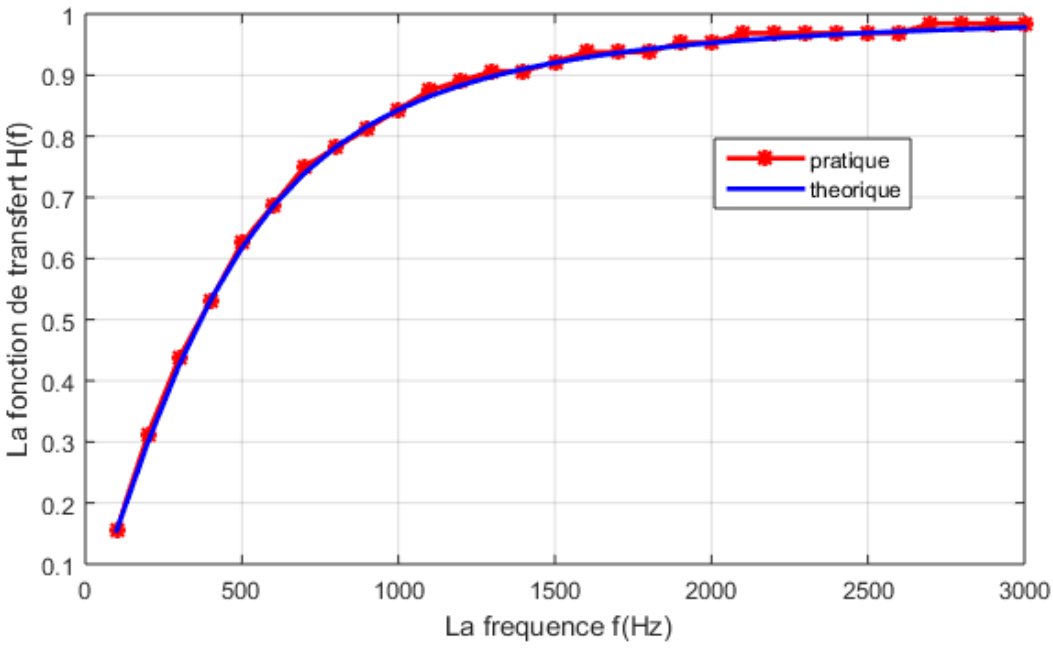


Figure 4 : Fonction de transfert de filtre 2 en fonction de la fréqence f

5. Le type de filtre 2 est passe-haut

c) Filtre 3 :

Le filtre 3 est un circuit R est constitué d'une inductance L= 150 L mH et une résistance R=500 en série figure 6. La tension de sortie est la tension entre les bornes de l'inductance.

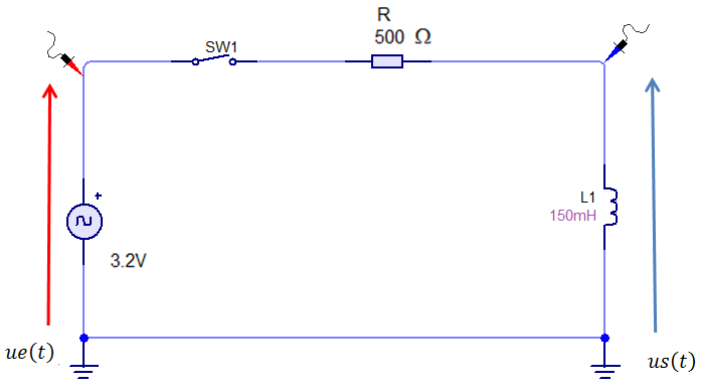


Figure 6 : Filtre 5

1. **On montre que le module de la fonction de transfert du filtre 3 est :**

$$H(f) = \frac{2\pi Lf}{\sqrt{R^2 + 4\pi^2 (Lf)^2}}$$

On sait que :

$$H(f) = \frac{Us}{Ue}$$

et d'après le théoréme de division de tension :

$$Us = Ue \times \frac{Zl}{Zl + Zr}$$

Avec $Zl = jL\omega \quad et \; Zr = R$

Donc

$$\mathrm{H(f)} = \frac{Zl}{Zl + Zr} = \frac{JL\omega}{JL\omega + R}$$

Alors le module de H(f) est donnée par :

$$|H(f)| = \frac{L\omega}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} = \frac{2\pi Lf}{\sqrt{R^2 + 4\pi^2 (Lf)^2}}$$

2. On montrer que la fréquence de coupure est $f_c = \frac{R}{2\pi L}$ avec Hmax=1

La fréquence f_c est la fréquence dont laquelle le module de La fonction de transfert H(f) est Hmax / $\sqrt{2}$

$$\frac{Hmax}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi l f_c}{\sqrt{R^2 + 4\pi^2 (L f_c)^2}}$$

Alors

$$2 \times 4\pi^2 (L f_c)^2 = R^2 + 4\pi^2 (L f_c)^2$$

$$\Rightarrow 4\pi^2 (L f_c)^2 = R^2$$

$$\Rightarrow f_c^2 = \frac{R^2}{4\pi^2 (L)^2}$$

Donc

$$f_c = \frac{R}{2\pi l}$$

3. Remplir le tableau suivant :

Fréquence f	Pulsation ω	Résistance R	L'impédance L	Tension Ue_{max}	Tension Us_{max}	H(f) pratiques	H(f) Théoriques
0,1	628	500	0,15	3,2	0,6	0,1875	0,18514
0,2	1256	500	0,15	3,2	1,2	0,375	0,3526
0,3	1884	500	0,15	3,2	1,6	0,5	0,49205
0,4	2512	500	0,15	3,2	1,9	0,59375	0,60184
0,5	3140	500	0,15	3,2	2,2	0,6875	0,68568
0,6	3768	500	0,15	3,2	2,4	0,75	0,74899
0,7	4396	500	0,15	3,2	2,5	0,78125	0,79683
0,8	5024	500	0,15	3,2	2,7	0,84375	0,83327
0,9	5652	500	0,15	3,2	2,75	0,85938	0,86136
1	6280	500	0,15	3,2	2,8	0,875	0,88329
1,1	6908	500	0,15	3,2	2,9	0,90625	0,90063
1,2	7536	500	0,15	3,2	2,95	0,92188	0,91453

1,3	8164	500	0,15	3,2	3	0,9375	0,9258
1,4	8792	500	0,15	3,2	3	0,9375	0,93505
1,5	9420	500	0,15	3,2	3	0,9375	0,94272
1,6	10048	500	0,15	3,2	3	0,9375	0,94914
1,7	10676	500	0,15	3,2	3,05	0,95313	0,95455
1,8	11304	500	0,15	3,2	3,05	0,95313	0,95917
1,9	11932	500	0,15	3,2	3,05	0,95313	0,96312
2	12560	500	0,15	3,2	3,05	0,95313	0,96654
2,1	13188	500	0,15	3,2	3,1	0,96875	0,96951
2,2	13816	500	0,15	3,2	3,1	0,96875	0,97211
2,3	14444	500	0,15	3,2	3,1	0,96875	0,97439
2,4	15072	500	0,15	3,2	3,1	0,96875	0,97641
2,5	15700	500	0,15	3,2	3,1	0,96875	0,9782
2,6	16328	500	0,15	3,2	3,1	0,96875	0,97979
2,7	16956	500	0,15	3,2	3,15	0,98438	0,98122
2,8	17584	500	0,15	3,2	3,15	0,98438	0,9825
2,9	18212	500	0,15	3,2	3,15	0,98438	0,98366
3	18840	500	0,15	3,2	3,15	0,98438	0,98471

4. Traçage de la fonction de transfert $H(f)$ théorique et expérimental en fonction de f.

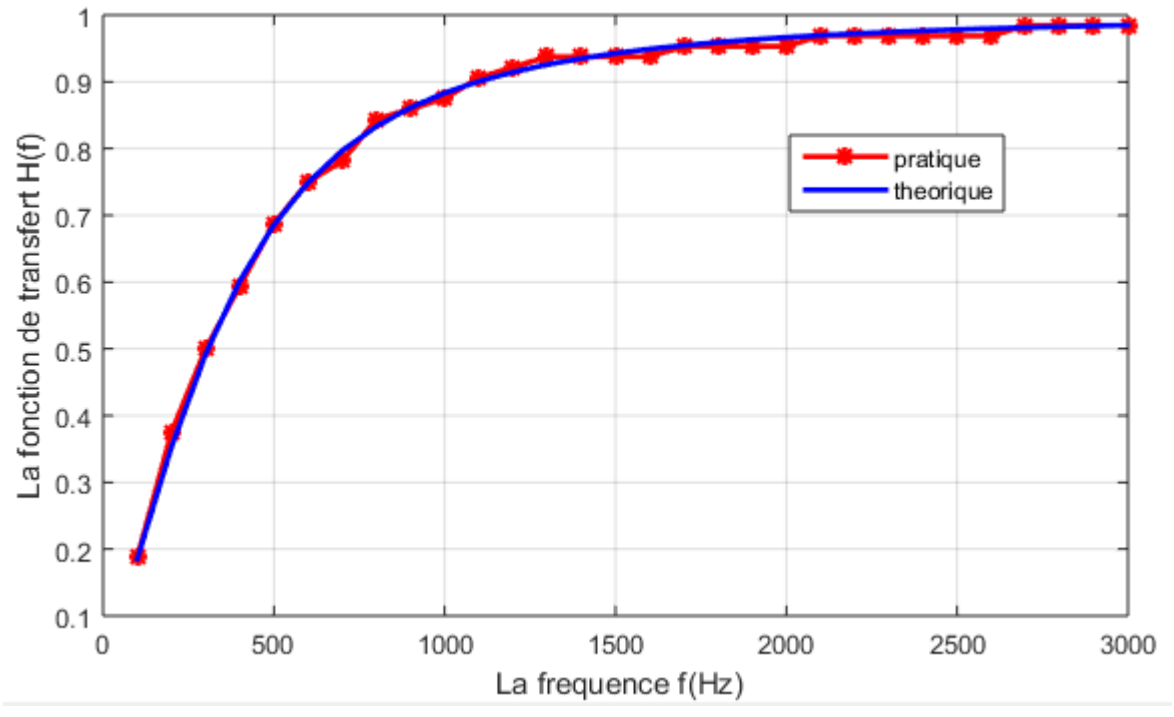
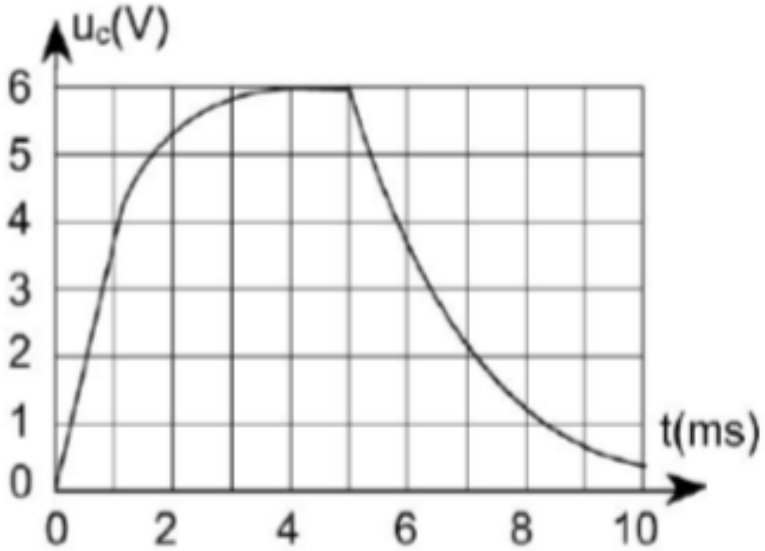


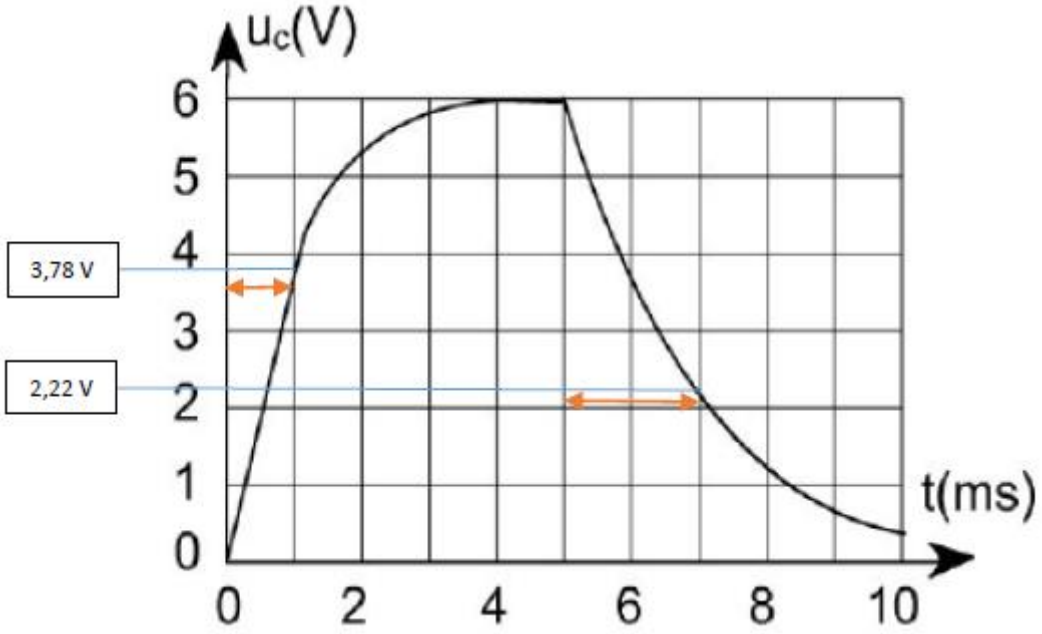
Figure 6 : Fonction de transfert de filtre 3 en fonction de la fréqence f

5. Le type de filtre 3 est passe- haut

- **<u>Charge et décharge d'un condensateur :</u>**



1) Déterminer des constantes du temps de charge et décharge d'un condensateur C1.



D'après la représentation ci-dessus, on peut déduire graphiquement que :

- La constante du temps de charge est le temps nécessaire pour atteindre 63% de la tension maximale lors de la charge donc :

$$6\times 63\% = 3.78\ V$$

En projectant 3.78 sur la courbe on trouve que **τ= 1ms**

- La constante du temps de décharge est le temps nécessaire pour atteindre le 37% donc : $6\times 37\% = 2.22\ V$

En projectant 2.22 sur la courbe on trouve que **τ= 7-5=2ms**

➢ Conclusion :

Dans ce TP on a bien maitrisé la différence entre Le Filtre passe-bas qui est le filtre électrique ne laisse passer que les fréquences inferieures à la fréquence de coupure fc, le filtre passe- haut qui est le filtre électrique ne laisse passer que les fréquences supérieures à la fréquence de coupure fc et les caractéristiques de ces deux filtres à savoir la fonction de transfert, la fréquence de coupure et comment les identifier. On constate que les résultats théoriques et expérimentaux sont presque semblables. on a pu savoir aussi comment déduire la valeur de temps caractéristique du charge et de décharge d'un condensateur.